



21 Aktenzeichen: 198 01 815.0
22 Anmeldetag: 19. 1. 98
43 Offenlegungstag: 22. 7. 99

71 Anmelder:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

72 Erfinder:
Pott, Ekkehard, 38518 Gifhorn, DE

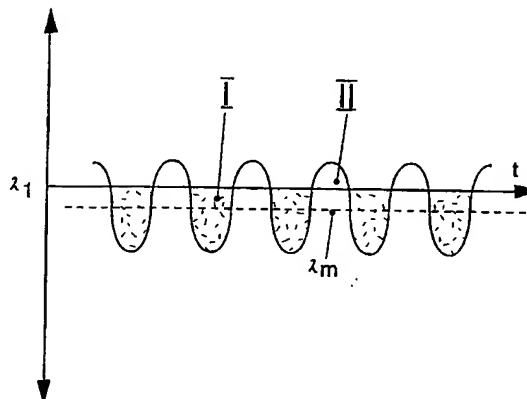
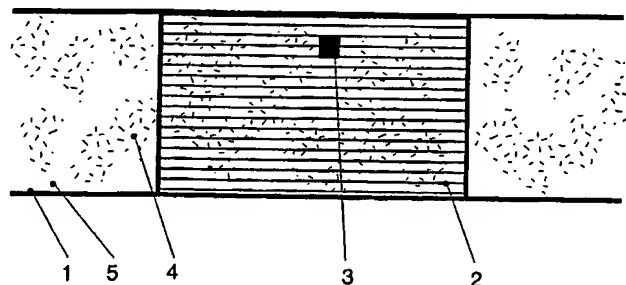
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:

DE 196 07 151 C1
DE 196 44 139 A1
DE 195 11 548 A1
DE 195 06 980 A1
DE 44 10 489 A1
DE 43 11 890 A1
DE 42 15 787 A1
DE 40 39 876 A1
DE 37 09 136 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Mager-Regeneration von NO_x-Speichern

57 Bei einem Verfahren zum Reinigen des Abgases einer mager betreibbaren, λ -geregelten Brennkraftmaschine mit einem NO_x-Speicherkatalysator und einer λ -Sonde wird bei stöchiometrischen oder magerem Abgas mit relativ hoher Sauerstoffkonzentration im Abgas jedes Volumenelement des NO_x-Speicherkatalysators zeit- und ortsabhängig alternierend mit fettem und magerem Abgas beaufschlagt. Dabei führt der λ -Wert in Richtung der Zeitachse eine Schwingung um einen mittleren Wert λ_m aus, wobei der mittlere Wert λ_m größer oder gleich eins ist.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regeneration eines NO_x -Speicherkatalysators bei mager betreibbaren Brennkraftmotoren. Ein Brennkraftmotor ist mager betreibbar, wenn er zumindest für ein Teilmenge aller denkbaren Drehzahl-Last-Kombinationen (insbesondere $1,5 \times \text{Leerlauf-Drehzahl}$ bis $0,25 \times \text{Nenn-Drehzahl}$, $0,05$ bis $0,15 \times P_{\text{me, max}}$) mit $\Lambda > 1,1$ und besonders vorteilhaft $\Lambda > 1,3$ über Zeiträume von > 10 Sekunden und besonders vorteilhaft > 30 Sekunden betrieben werden kann.

Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Abgas von Λ -regulierten Ottomotoren wird üblicherweise durch eine oder mehrere im Abgasstrang vor und/oder nach dem/den Katalysator(en) angeordnete Λ -Sonde(n) überwacht. Konventionelle Sprungsonden zeigen bei $\Lambda = 1$ einen ausgeprägten Spannungssprung, der in der Motorsteuerung genutzt wird, um die Einspritzmenge bei hoher Spannung in Richtung "Mager" und bei niedriger Spannung in Richtung "Fett" zu verschieben. Mit der Regelfrequenz der Sonde wird somit im Motor leicht fettes und leicht mageres Abgas erzeugt und in die Abgasanlage ausgeschoben. Überdies laufen alle Zylinder bei realem Motorbetrieb weder ohne Abweichung untereinander noch ohne Abweichung zum Λ -Sollsignal. Da die Gassäulen auf dem Weg durch die Abgasnachbehandlung vermischt werden, kommen bei stöchiometrischer Regelung am Katalysator keine scharf getrennten Abgasqualitäten, sondern Wolken mit fettem und magerem Abgas an.

Die gesamte derzeitige Fach- und Patentliteratur, insbesondere diejenige von Toyota, gibt als Voraussetzung für die Regeneration von NO_x -Speicherkatalysatoren ein fettes oder stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis an. Für die Regeneration wird eine sauerstofffreie Umgebung sowie das Vorhandensein eines Reduktionsmittels (HC oder CO) gefordert. Bei homogener Anströmung, wie z. B. auf Synthesegasprüfständen, läßt sich diese Randbedingung über den gesamten Katalysatorquerschnitt für beliebig lange Zeiträume darstellen; am Motor ist dies nicht möglich.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Regenerationsverfahren für den NO_x -Speicher einer Brennkraftmaschine zu schaffen, das auch in einer sauerstoffbehafteten Abgasatmosphäre arbeitet.

Die Aufgabe wird durch den Gegenstand des Anspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Reinigen des Abgases einer mager betreibbaren, Λ -regulierten Brennkraftmaschine mit einem NO_x -Speicherkatalysator und einer Λ -Sonde wird bei stöchiometrischem oder magerem Abgas mit relativ hoher Sauerstoffkonzentration im Abgas jedes Volumenelement des NO_x -Speicherkatalysators zeit- und ortsabhängig alternierend mit fettem und magerem Abgas beaufschlagt.

Durch Versuche mit NO_x -Speicherkatalysatoren an einem ausmagerungsfähigen Motor mit betriebszustandsabhängiger Λ -Regelung konnte nachgewiesen werden, daß bei stöchiometrischem Abgas und relativ hohen Restsauerstoffkonzentrationen tatsächlich eine sichere NO_x -Regeneration möglich ist. Dabei wird jedes Element des NO_x -Speicherkatalysators zeit- und ortsabhängig abwechselnd mit fettem und magerem Abgas beaufschlagt. Die NO_x -Regeneration findet dabei in den Zeitanteilen mit fetter Beaufschlagung statt. Dieser Effekt wird entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren genutzt, um auch bei im Mittel magerem Abgas NO_x -Speicherkatalysatoren reinigen zu können. Die Regenerationsdauer richtet sich nach den Zeitanteilen der fetten Beaufschlagung; gegenüber global fettem Abgas ist bei

dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einer Verlängerung der Regenerationsdauer zu rechnen.

Vorteilhafterweise führt dabei der Λ -Wert in Richtung der Zeitachse eine Schwingung um einen mittleren Wert Λ_m aus, wobei der mittlere Wert Λ_m größer oder gleich eins, insbesondere $\geq 1,05$, ist. Dabei kann es sich bei der Schwingung des Λ -Werts um den Mittelwert Λ_m um eine sinusförmige Schwingung oder beispielsweise um eine Dreiecksschwingung, wie beispielsweise einen Sägezahn, handeln.

Um eine bestimmtes Regenerationsverhalten des NO_x -Speichers zu erhalten, wird vorteilhafterweise die Amplitude der Schwingung verändert. Ferner kann auch die Frequenz der Schwingung variabel gestaltet werden. Mit anderen Worten, es kann eine Amplituden- bzw. Frequenzmodulation der Λ -Funktion erfolgen. Im entsprechenden Anwendungsfall können Amplituden- und Frequenzmodulation kombiniert werden.

Vorteilhafterweise kann der mittlere Λ -Wert durch eine zylinderselektive Regelung der Brennkraftmaschine erzeugt werden. D. h., ein Teil der Zylinder wird mit einem fetten Λ -Wert betrieben, während der andere Teil der Zylinder mit einem mageren Λ -Wert betrieben wird. Dabei können die einzelnen Λ -Werte sowohl der fetten Zylinder als auch diejenigen der mageren Zylinder voneinander und untereinander unterschiedlich sein und werden der jeweiligen Anforderung angepaßt. Ferner kann der Λ -Wert des einzelnen Zylinders von Zyklus zu Zyklus geändert werden.

Ferner kann vorteilhafterweise die Regelung des mageren Abgases durch eine Änderung der Ausmagerungsgeschwindigkeit oder durch eine Änderung der Totzeiten der Einspritzmengenänderung erzeugt werden.

Die Regelfrequenzen der Λ -Schwingung liegen derzeit in der Größenordnung von $0,1$ bis 20 Hz und sind letztlich eine Funktion der Reaktionszeiten der verwendeten Λ -Sonden. Mit der Entwicklung von Sonden mit schnelleren Reaktionszeiten wird es möglich sein, die Regelfrequenz zu erhöhen, wobei sich sehr hohe Regelfrequenzen wegen der abnehmenden "Wolkenbildung" negativ auf die Regenerationszeiten bei im Mittel magerem Abgas auswirken können. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnungen erläutert.

Die Fig. 1–5 zeigen jeweils im oberen Teil schematisch einen Speicherkatalysator und im unteren Teil die entsprechende Λ -Funktion

Fig. 6 zeigt eine Amplitudenmodulation des Λ -Signals, Fig. 7 zeigt eine Frequenzmodulation des Λ -Signals,

Fig. 8 zeigt Verlaufsformungen des Λ -Signals in der Form eines linksseitigen und rechtsseitigen Sägezahns,

Fig. 9 zeigt den Verlauf des Λ -Signals bei einer Regelung des mageren Abgases durch Änderung der Totzeiten der Einspritzmengenänderung,

Fig. 10 zeigt den Verlauf des Λ -Signals bei einer Regelung des mageren Abgases durch Änderung der Ausmagerungsgeschwindigkeit,

Fig. 11 zeigt die Einregelung von $\Lambda > 1$ durch zylinderselektive Einspritzmengen-Beeinflussung bei Breitband- Λ -Sonden, und

Fig. 12 zeigt die Einregelung von $\Lambda > 1$ durch zylinderselektive Einspritzmengen-Beeinflussung bei Sprungantwort- Λ -Sonden.

Die Fig. 1–5 zeigen grafisch die zugrundeliegenden Mechanismen der Mager-Regeneration von NO_x -Speichern. Dargestellt sind im jeweiligen oberen Teil der Fig. 1–5 eine Abgasanlage 1, die einen NO_x -Speicherkatalysator 2 aufweist. In dem Speicherkatalysator wird ein idealisiertes Katalysatorelement 3 betrachtet, wobei die Durchströmung des Katalysatorelements 3 mit den verschiedenen Abgasqualitäten dargestellt ist. Im unteren Teil der jeweiligen Fig. 1–5

sind die entsprechende λ -Werte gegenüber der Zeit t aufgetragen. Dabei ist der Ursprung der Zeitachse am λ -Wert Eins angesiedelt. Nach oben sind die λ -Werte größer Eins (mageres Abgas) und nach unten die λ -Werte kleiner Eins (fettes Abgas) dargestellt. Ferner ist noch der mittlere Wert λ_m als gestrichelte Linie dargestellt.

Fig. 1 zeigt ein ausschließlich fettes Abgas 4, dargestellt durch die ausfüllende Schraffierung der gesamten Abgasanlage 1. Bei dieser fetten Regeneration sind die kürzesten Regenerationszeiten dank zeit- und orts aufgelöst nahezu 100% fetter Durchströmung möglich. Aufgrund der kompletten Durchströmung der Speicherkatalysators 2 mit fettem Abgas 4 wird ein beliebiges Katalysatorelement 3 immer mit fettem Abgas 4 sowohl in zeitlicher als auch räumlicher Auflösung durchströmt. Im unteren Teil von Fig. 1 ist der zeitliche Verlauf von λ am Katalysatorelement 4 dargestellt. Aufgrund der Regelfrequenz der λ -Sonde schwingt der λ -Wert um einen mittleren Wert λ_m , wobei sich die Amplitude der λ -Schwingung immer im fetten Bereich, d. h. $\lambda < 1$, aufhält. Mit anderen Worten, wie es im oberen Teil der Fig. 1 schematisch dargestellt ist, das Katalysatorelement 3 wird immer mit fettem Abgas durchströmt, wobei das Abgas periodisch mehr oder weniger fett ist.

Fig. 2 zeigt die Situation in einer Abgasanlage 1 mit NO_x -Speicherkatalysator, die von fettem Abgas 4 und magerem Abgas 5 durchströmt wird. Dies ist schematisch durch fette Abgaswolken 4 (schraffierte Flächen) dargestellt, die von mageren Abgaswolken 5 (dargestellt als weiße Flächen) umgeben sind. Anschaulich ist daher klar, daß ein beliebiges Katalysatorelement 3 in zeitlicher und räumlicher Auflösung statistisch abwechselnd mit fettem Abgas 4 und magerem Abgas 5 durchströmt wird. D.h. es sind bereits geringe magere Anteile im Abgas vorhanden, so daß zeit- und orts aufgelöst nicht alle Katalysatorzonen ständig fett durchströmt werden. In dem unteren Teil der Fig. 2 dargestellt, bedeutet dies, daß der mittlere Wert λ_m näher an $\lambda = 1$ liegt, und die Amplituden des λ -Werts den stöchiometrischen Wert von $\lambda = 1$ überschreiten. Damit findet in den schraffierten Gebieten I, in denen der λ -Wert den Wert 1 unterschreitet, eine Regeneration statt, während in den Gebieten II, in denen der λ -Wert von 1 überschritten wird, keine Regeneration erfolgt. Im statistischen Mittel erfolgt bezogen auf den mittleren Wert λ_m nahe 1 insgesamt eine Regeneration des NO_x -Speichers.

Fig. 3 zeigt eine ähnliche Situation wie Fig. 2 mit dem Unterschied, daß der mittlere Wert $\lambda_m = 1$ ist. Damit sind die Zeitanteile fetten und mageren Abgases 4, 5 etwa gleich, was in etwa zu gleichen Gebieten I einer Regeneration und solchen Gebieten II keiner Regeneration in dem unteren Teil der Fig. 3 führt. Eine Regeneration des NO_x -Speichers erfolgt auch hier, allerdings nimmt die Regenerationsdauer weiter zu.

Fig. 4 zeigt die Situation bei global weiter ausgemagertem Abgas, schematisch dadurch dargestellt, daß die Anzahl der Wolken fetten Abgases 4 geringer ist als die mageren Abgases 5. Die Zeit- und Ortsanteile des fetten Abgases 4 nehmen weiter ab und die Regenerationsdauer verlängert sich zunehmend. In der unteren Darstellung der Fig. 4 bedeutet dies, daß die Amplituden von λ zum Großteil oberhalb des Wertes 1 liegen und nur noch ein geringer Teil der Werte von λ unterhalb des Wertes 1 liegen. Der mittlere Wert λ_m liegt oberhalb von 1. Die Regenerationsbereiche 1 sind kleiner als die Bereiche II, in denen keine Regeneration stattfindet. Allerdings findet auch hier noch eine Regeneration des NO_x -Speichers statt.

Fig. 5 zeigt die Situation bei sehr magerem Abgas 5. In der Darstellung sind keine fetten Abgaswolken mehr vorhanden, bzw. die Zeit- und Ortsanteile des fetten Abgases

werden zu klein für eine praxisgerechte Regenerationsdauer. Eine Netto-Speicherentladung ist nur möglich, wenn der durch die zeit- und orts aufgelöste Regeneration umgesetzte NO_x -Massenstrom größer als die Mager- NO_x -Einlagerung ist. In der unteren λ -Darstellung liegt nun der Verlauf von λ sowie der mittlere Wert λ_m komplett oberhalb von 1, d. h. es gibt nur noch Bereich II ohne Regeneration.

Fig. 6 zeigt die Anhebung der Reduktionsmittelmenge bei vorgegebenem mittleren Wert λ_m durch eine Erhöhung der λ -Amplitude. Bei steigendem Schadstoffanteil ist tendenziell mit abnehmender Regenerationsdauer zu rechnen. Deutlich zu erkennen ist, daß in Richtung des Pfeiles die Amplitude von λ zunimmt und daher auch die Regenerationsbereiche flächenmäßig größer werden, d. h. der zur Regeneration notwendige Schadstoffanteil erhöht sich in Richtung des Pfeiles. Ebenso nimmt die Regenerationsgeschwindigkeit in Richtung des Pfeiles zu. Die Amplitudenerhöhung von λ kann auch als Amplitudenmodulation bezeichnet werden.

Fig. 7 zeigt eine Optimierung der Regenerationsgeschwindigkeit bei NO_x -Speichern mit Sauerstoffspeicherfähigkeit durch Änderung der Steuerfrequenz, dargestellt durch eine λ -Schwingung, bei der die Steuerfrequenz variiert wird. Im vorliegenden Beispiel wird die Steuerfrequenz erniedrigt, wobei λ um einen mittleren Wert λ_m schwankt. Die Häufigkeit des Wechsels zwischen fetter und magerer Durchströmung (Wobble-Frequenz) beeinflusst die Regenerationsdauer. Mit steigender Sauerstoffspeicherfähigkeit des NO_x -Speichers bewirkt eine abnehmende Wobble-Frequenz auch eine Abnahme der Regenerationszeiten. In den von der Schwingung von λ definierten Flächen sind Regenerationsbereiche I, Nichtregenerationsbereiche II, sowie Bereiche III zu erkennen, wobei in den Bereichen III unterhalb des stöchiometrischen λ -Werts ebenfalls keine Regeneration erfolgt, da gespeichertes O_2 im Falle eines sauerstoffspeichernden NO_x -Speichers verbraucht wird. In Richtung des Pfeiles erfolgt daher eine Abnahme der Steuerfrequenz, eine Zunahme der verwertbaren Reduktionsmittelmenge sowie eine Zunahme der Regenerationsgeschwindigkeit. Die Steuerfrequenzen liegen derzeit, wie bereits erwähnt in der Größenordnung von 0,1 bis 20 Hz.

Fig. 8 zeigt die Variation der Schadstoffminderungseigenschaften durch eine Verlaufsformung von λ . Es hat sich gezeigt, daß eine Ausformung der fett-mager-Sprünge das Regenerationsverhalten beeinflusst. Der linke Graph der Fig. 8 zeigt ein rasches Anfetten und nachfolgendem langsamen Ausmagern. Dies ergibt in der Darstellung den links dargestellten schnell nach fett abfallenden Sägezahnverlauf, auch als rechtsseitigen Sägezahn bezeichnet, der die NO_x -Regeneration verkürzt, indem die NO_x -Umsetzung schnell anspringt, allerdings besteht die Gefahr von HC- und CO-Durchschlägen. Der rechts dargestellte Sägezahn stellt ein rasches Ausmagern und nachfolgend langsames Anfetten dar (linksseitiger Sägezahn). Ein derartiger schnell nach fett abfallender Verlauf bewirkt ein langsames Anspringen der NO_x -Umsetzung mit einer besseren Kontrolle der HC- und CO-Durchschläge und bewirkt eine längere Regenerationszeit im Vergleich zu dem linken Sägezahnverlauf des schnellen Anfettens. Das Ausmagern und Anfetten muß abweichend von der idealisierten Bilddarstellung nicht notwendigerweise linear erfolgen. Ferner sind wieder die Bereiche I der Regeneration sowie die ohne Regeneration II dargestellt.

Die Erzeugung der entsprechenden Abgasqualität erfolgt geregelt durch eine Sprungantwort- oder Breitband-Lambdasonde.

Fig. 9 zeigt die Regelung eines mageren Abgases durch Änderung der Totzeiten der Einspritzmengenänderung bei

einer Sprungantwortsonde. Bei einer derartigen Sprungantwortsonde erfolgt die Einstellung des global mageren Abgases durch unterschiedliche Totzeiten zwischen dem Erkennen mageren Abgases und dem Befehl zur Gemischanfetzung sowie dem Erkennen fetten Abgases und dem Befehl zum Gemisch-Ausmagern. Aufgetragen in Fig. 9 ist im oberen Graph die SONDENSspannung V_S einer Sprungantwortsonde gegenüber der Zeit t und im unteren Teil der Fig. 9 das entsprechende Einspritzmengensignal E gegenüber der Zeit, und zwar einmal für einen mittleren Wert $\lambda_m = 1$ und im rechten Teil für $\lambda_m > 1$. Dabei bedeutet T1 die Totzeit bis zum Erkennen "Lambda Mager", T2 die Totzeit bis zur Nachregelung der Einspritzung nach fett, T3 die Totzeit bis zum Erkennen "Lambda fett" und T4 die Totzeit bis zur Nachregelung der Einspritzung nach mager. Auf diese Weise ist eine Realisierung der Vorschläge der Fig. 4 und 6 möglich. Dabei zeigt der eingezeichnete Pfeil im rechten Teil der Fig. 9 für $\lambda_m > 1$ auf eine längere Totzeit T4 bei magerem Abgas im Vergleich zu T4 des linken Teils der Fig. 9 für $\lambda_m = 1$.

Fig. 10 zeigt eine Regelung eines mageren Abgases mit einer Sprungantwortsonde durch eine Änderung der Ausmagerungsgeschwindigkeit, d. h. durch unterschiedliche Änderungsgeschwindigkeiten beim Anfetten und Ausmagern, wodurch das Vorfahren der Fig. 8 realisiert wird. Die Bedeutung der Bezugszeichen T1, T2, T3 und T4 entspricht derjenigen der Fig. 9. Die beiden Pfeile im rechten Teil der Fig. 10 für $\lambda_m > 1$ deuten auf eine schnellere und stärkere Ausmagerung bei magerem Abgas hin.

Bei Breitbandsonden wird das Sollsignal des mittleren Lambda λ_m auf den gewünschten Wert (Lambda > 1) eingestellt und über Frequenz und Amplitude die Zeitanteile fetten Abgases überwacht.

Fig. 11 zeigt die Einregelung von $\lambda_m > 1$ durch zylinderselektive Einspritzmengen-Beeinflussung bei Breitband-Lambda-sonden, wobei der mittlere Wert λ_m durch die gestrichelte Linie dargestellt ist. Neben der Beaufschlagung aller Zylinder mit dem gleichen Einspritzsignal ist auch denkbar, daß bei einem n -Zylinder-Motor 1 bis $(n-1)$ Zylinder (hier Zylinder 1, 2, 3 und 4) ein von den übrigen Zylindern abweichendes Einspritzsignal bekommen, wobei auch mehr als zwei unterschiedliche Einspritzsignale vorgegeben werden können (z. B. 1× sehr fett, 1× leicht fett, 2× mager). Bei Breitband-Lambda-sonden wird weiterhin das Lambdasignal zur globalen Regelung auf $\lambda_m > 1$ verwendet. Bei Steuerung der fett und/oder stöchiometrisch laufenden Zylinder wird Lambda durch Regelung mindestens eines mager laufenden Zylinders geregelt. Die Fig. 11 ist in die Bereiche A, B und C unterteilt, die die folgenden Bedeutungen haben:

A: Steuerung der fetten Zylinder 1 und 4, angepaßte Regelung der Zylinder 2 und 3 (Idealfall).

B: Nachregelung des Zylinders 2, falls Zylinder 4 vom vorgegebenen Sollwert abweicht.

C: Eine bewußt unterschiedliche Ansteuerung der fetten Zylinder 1 und 4 wird durch eine geänderte Regelung der Zylinder 2 und 3 ausgeglichen.

Fig. 12 schließlich zeigt eine zylinderselektive Einspritzmengenbeeinflussung zur Erzeugung eines mageren Abgases mit einer Sprungantwortsonde. Dabei bedeutet die dicke Linie das λ der einzelnen Zylinder, die gestrichelte Linie ein gemitteltes λ über einen Zyklus und die zweifach durchgezogene Linie das mittlere λ_m über mehrere Zyklen. Auch hier liegt der Ursprung der Zeitachse bei $\lambda = 1$. Bei Sprungantwortsonden werden ebenfalls die fett und/oder stöchiometrisch laufenden Zylinder gesteuert und die mager laufenden Zylinder geregelt. Da mit der Sprungantwortsonde keine Information über den Grad der Ausmagerung zu bekommen ist, wird zunächst ein magerer als der mittlere ge-

wünschte Lambdawert $\lambda_m (1 + 2 \cdot \Delta \lambda)$, d. h. Lambda 1,06 bei gewünscht Lambda 1,03) gesteuert angefahren, indem die Zylinder 2 und 3 sehr mager betrieben werden. S bezeichnet die Sprungantwort der Sonde.

Die Ausmagerung der Zylinder 2 und 3 wird über die folgenden Arbeitsspiele sukzessive zurückgenommen, bis die Sprungantwortsonde global fettes Abgas erkennt. Dann wird wieder der höchste Ausmagerungswert der mager laufenden Zylinder eingestellt. Fig. 12 verdeutlicht prinzipiell diese Vorgehensweise, wobei auch hier unterschiedliche zylinderindividuelle Ausmagerungen/Anfettungen denkbar sind.

Bei Mager-Otto- und Dieselmotoren vermindert diese Vorgehensweise neben dem Verbrauch auch HC- und CO-Durchschläge während der Regeneration; bei Dieselmotoren überdies noch die Partikelemissionen.

Wird die Verbrauchsminderung ganz oder teilweise in eine häufigere Regeneration umgesetzt, ist mit zusätzlichen Vorteilen bei der Schwefelvergiftung zu rechnen, da bei jeder NO_x -Regeneration auch ein Teil der angelagerten Sulfate wieder mit ausgetragen wird. Der freigesetzte Schwefel wird über dies verstärkt in Form von SO_2 emittiert; die geruchsbelästigende H_2S -Bildung wird weitgehend unterdrückt. Ebenso ist mit einer nur geringflüssigen NH_3 -Bildung zu rechnen.

Bezugszeichenliste

- 1 Abgasanlage
- 2 NO_x -Speicherkatalysator
- 3 Katalysatorelement
- 4 Fettes Abgas
- 5 Mageres Abgas
- I Regenerationsbereich
- II Nichtregenerationsbereich III Nichtregenerationsbereich
- T1 Totzeit
- T2 Totzeit
- T3 Totzeit
- T4 Totzeit
- λ_m mittlerer λ -Wert
- V_S SONDENSspannung
- E Einspritzmengensignal
- S Sprungantwortsignal

Patentansprüche

1. Verfahren zum Reinigen des Abgases einer mager betreibbaren, λ -geregelten Brennkraftmaschine mit einem NO_x -Speicherkatalysator (2) und einer λ -Sonde, **dadurch gekennzeichnet**, daß bei stöchiometrischem oder magerem Abgas mit relativ hoher Sauerstoffkonzentration im Abgas jedes Volumenelement des NO_x -Speicherkatalysators zeit- und ortsabhängig alternierend mit fettem und magerem Abgas beaufschlagt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der λ -Wert in Richtung der Zeitachse eine Schwingung um einen mittleren Wert λ_m ausführt, wobei der mittlere Wert λ_m größer oder gleich eins ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingung von λ eine sinusförmige Schwingung ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwingung von λ eine Dreieckschwingung ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Amplitude der λ -Schwingung verändert wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2-5, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der λ -Schwingung variabel ist.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der mittlere Wert λ_m durch eine zylinderselektive Regelung der Brennkraftmaschine erzeugt wird. 5
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Teil der Zylinder mit einem fetten λ -Wert betrieben werden, während der andere Teil der Zylinder mit einem mageren λ -Wert betrieben werden. 10
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die λ -Werte der fetten Zylinder als auch diejenigen der mageren Zylinder voneinander unterschiedlich sind. 15
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des mageren Abgases durch eine Änderung der Ausmagerungsgeschwindigkeit erzeugt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1-6, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des mageren Abgases durch eine Änderung der Totzeiten der Einspritzmengenänderung erzeugt wird. 20
12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Schwingung größer oder gleich 0,1 Hz ist. 25

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

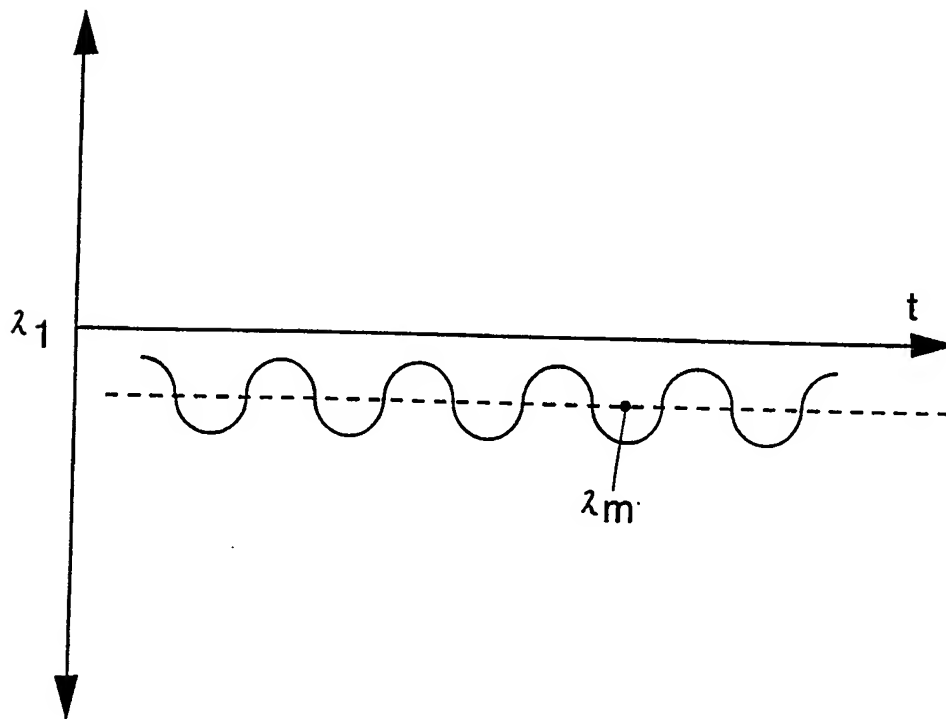
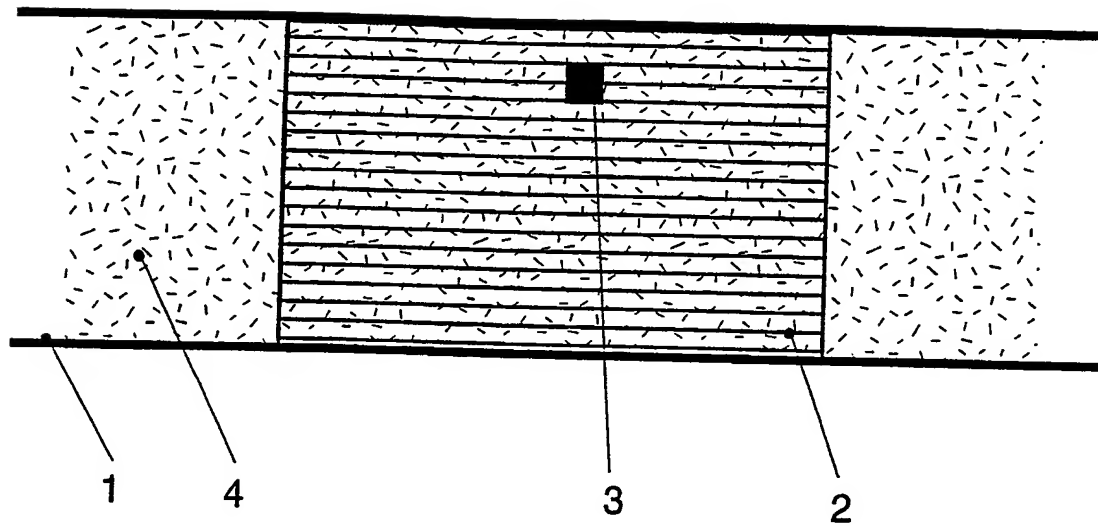


FIG. 1

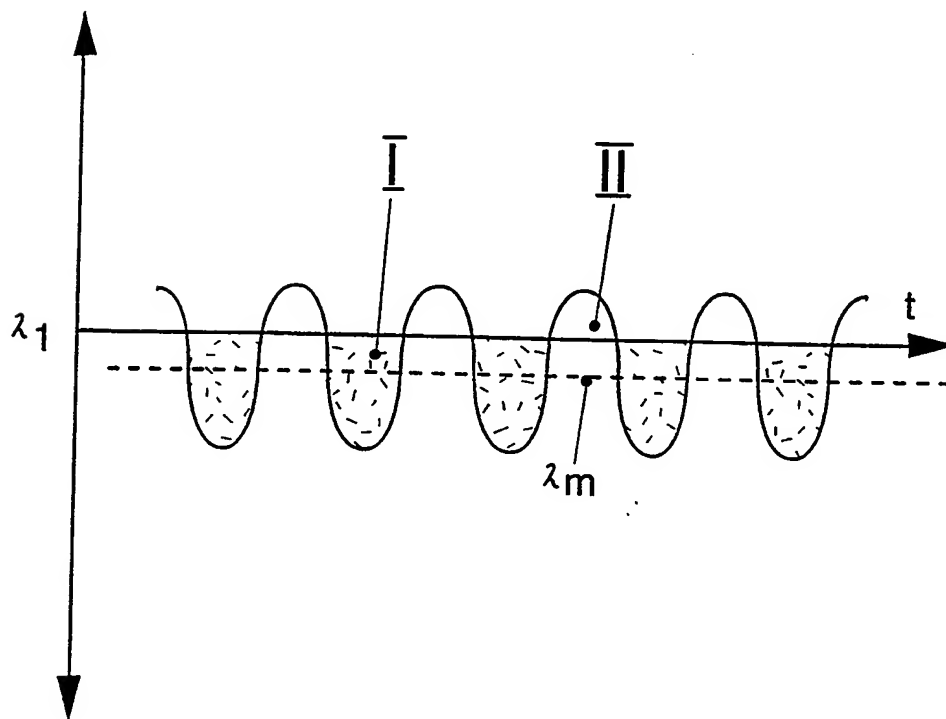
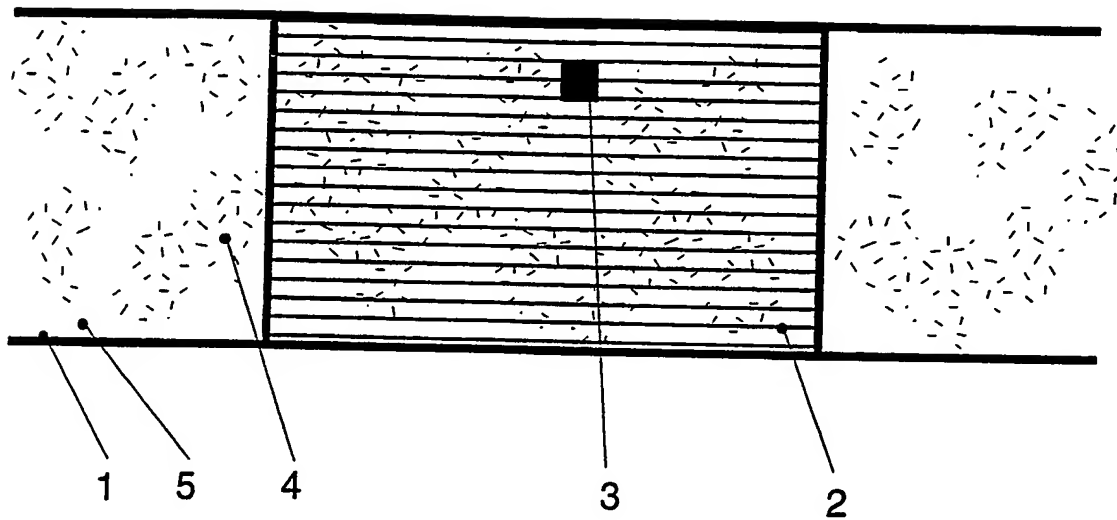


FIG. 2

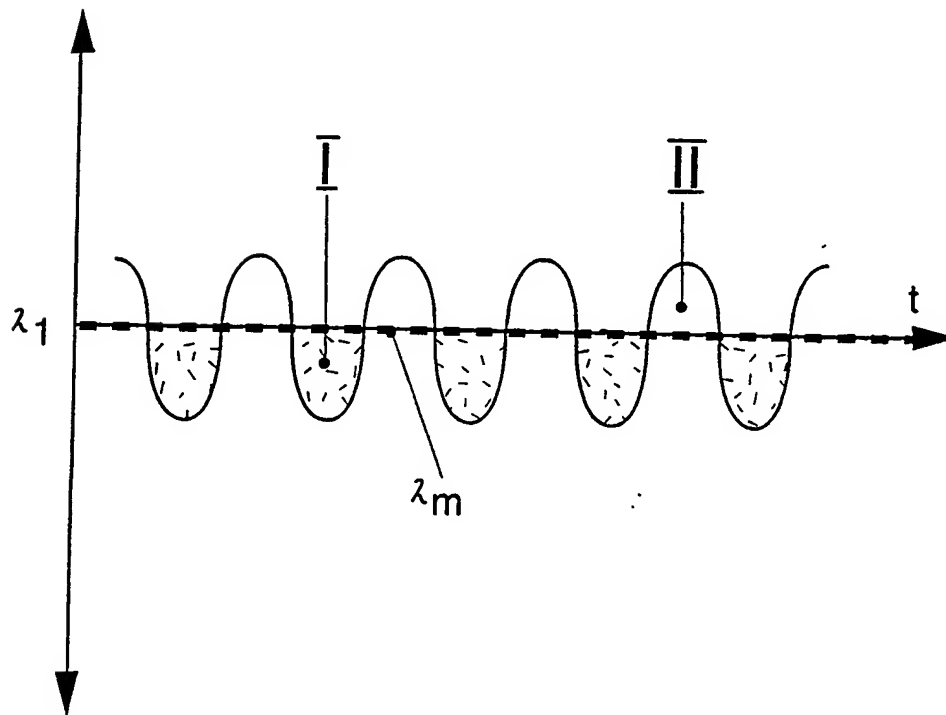
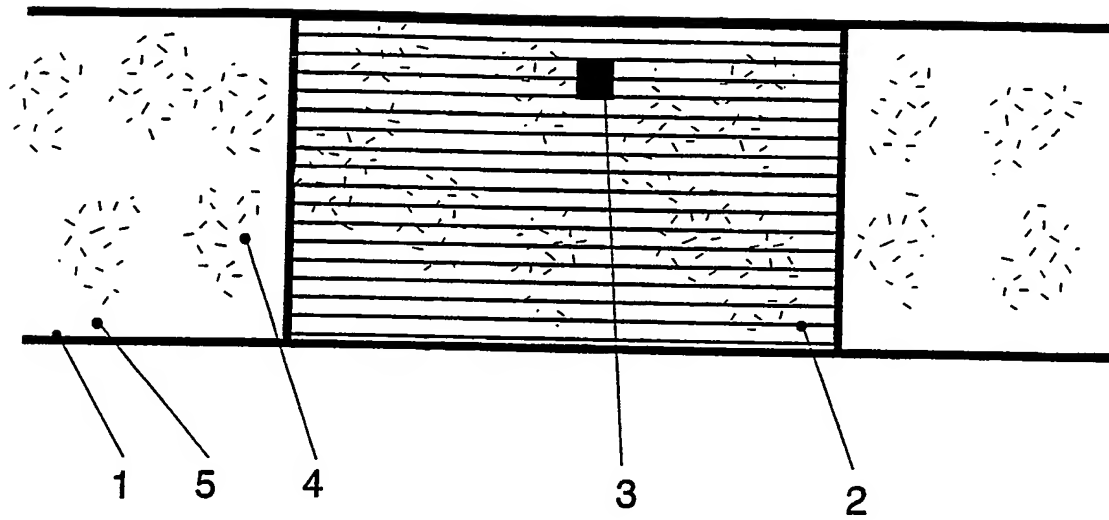


FIG. 3

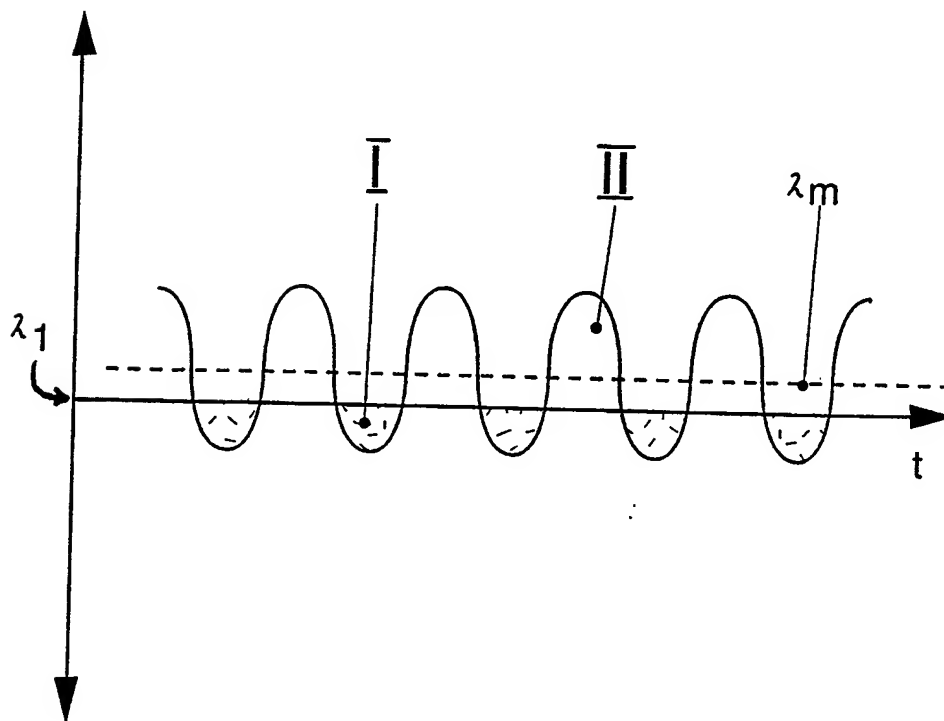
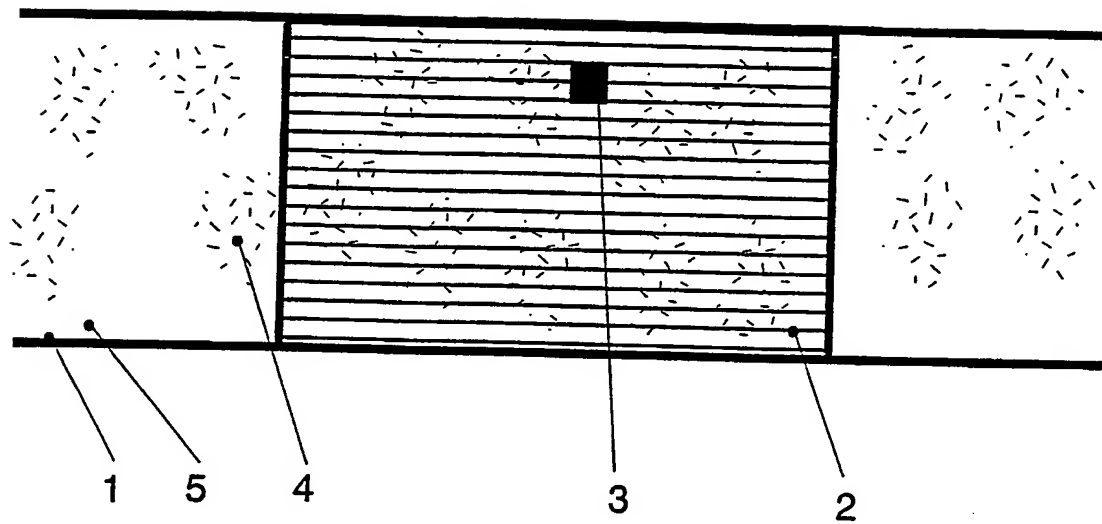


FIG. 4

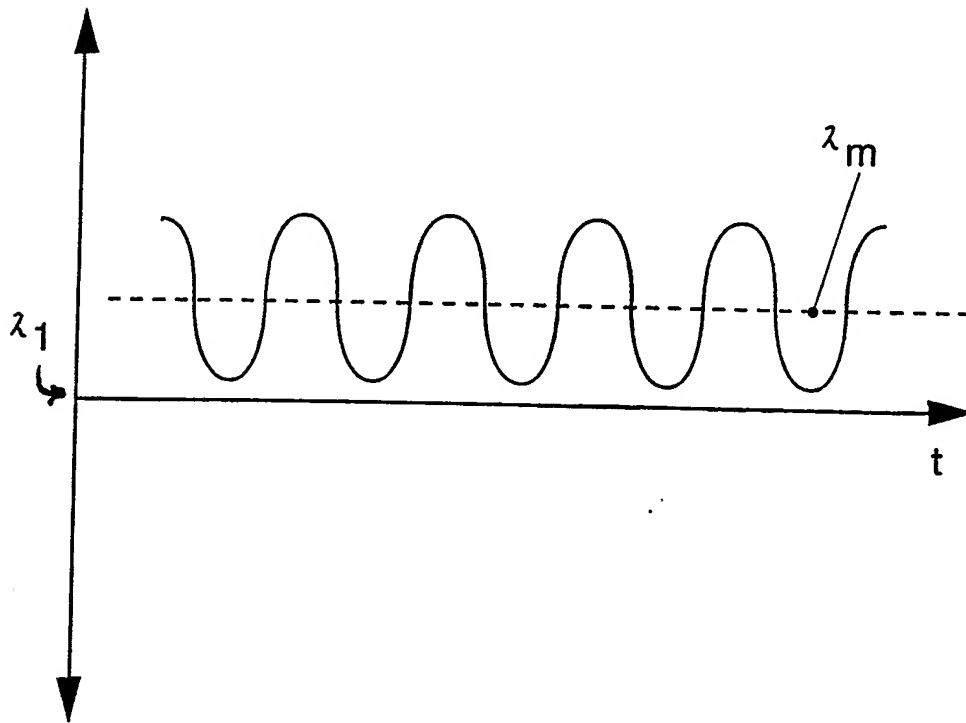
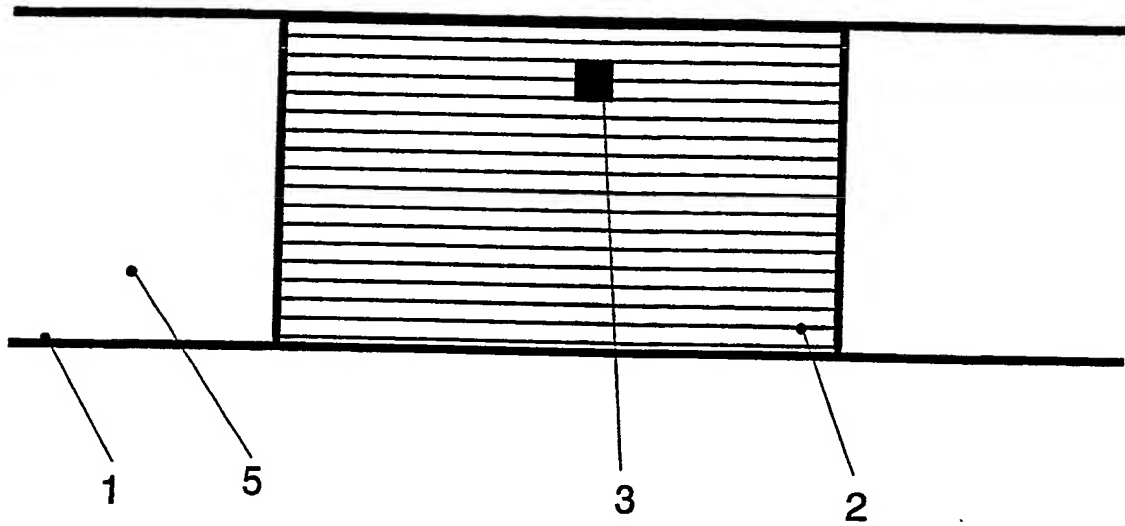


FIG. 5

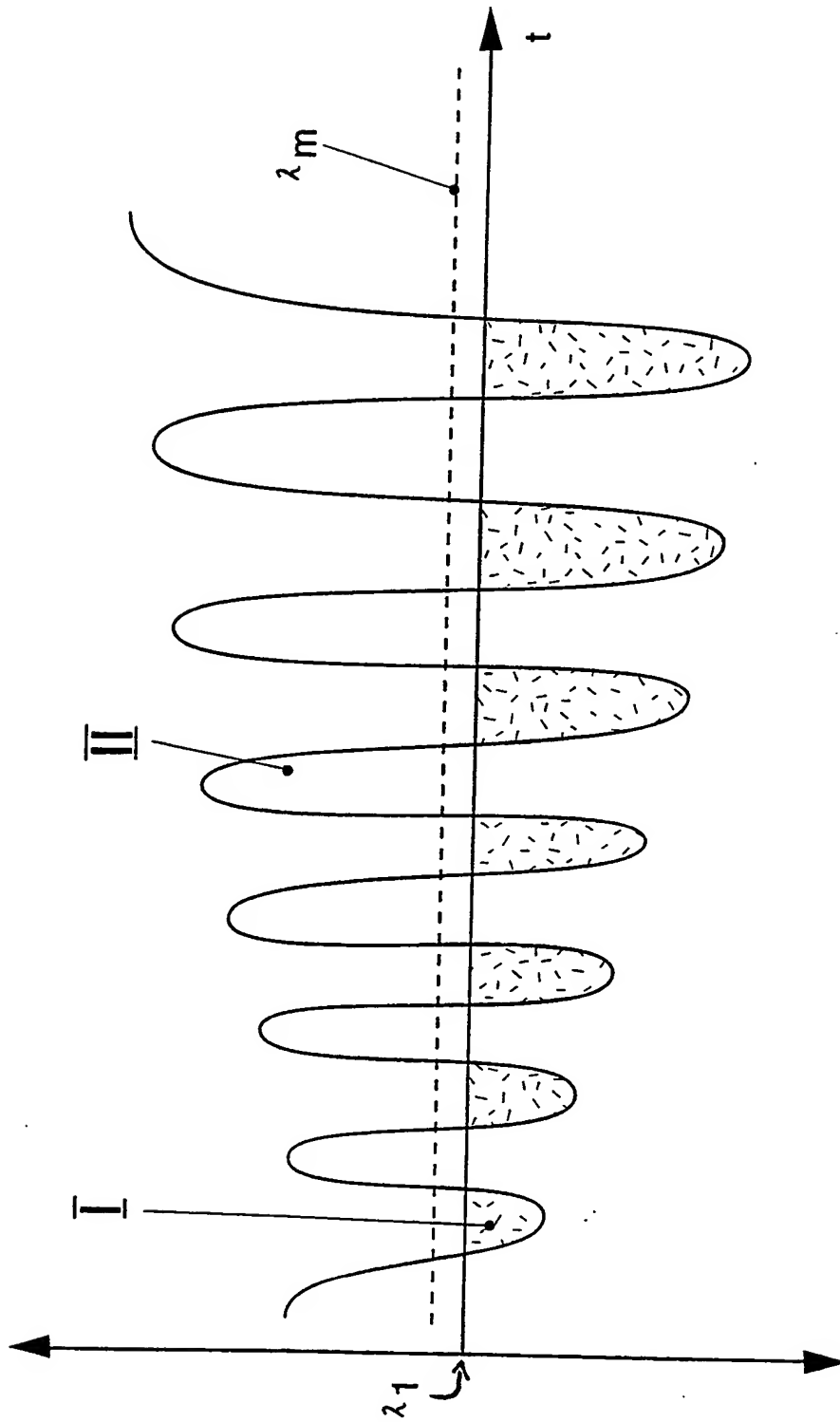


FIG. 6

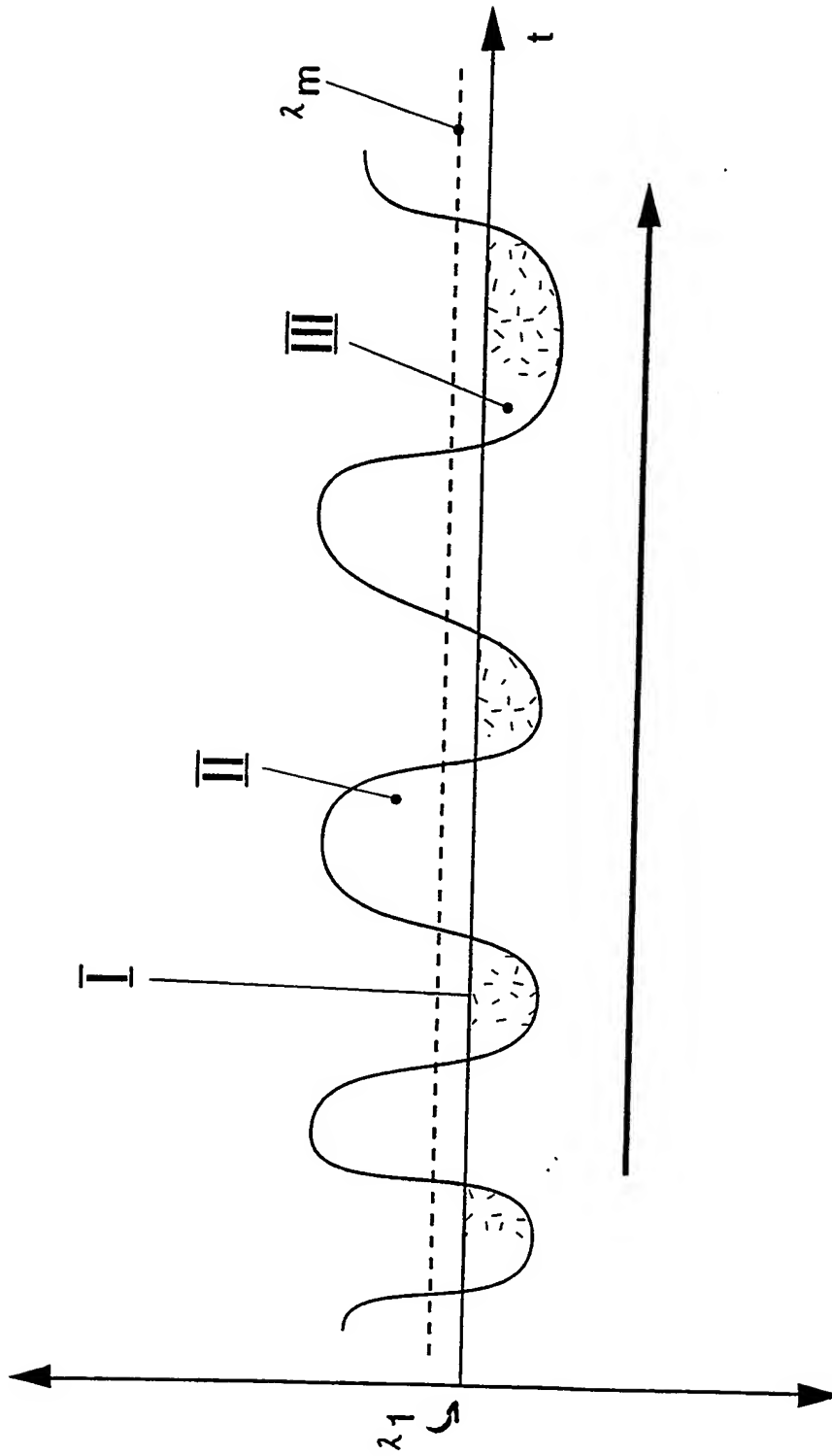


FIG. 7

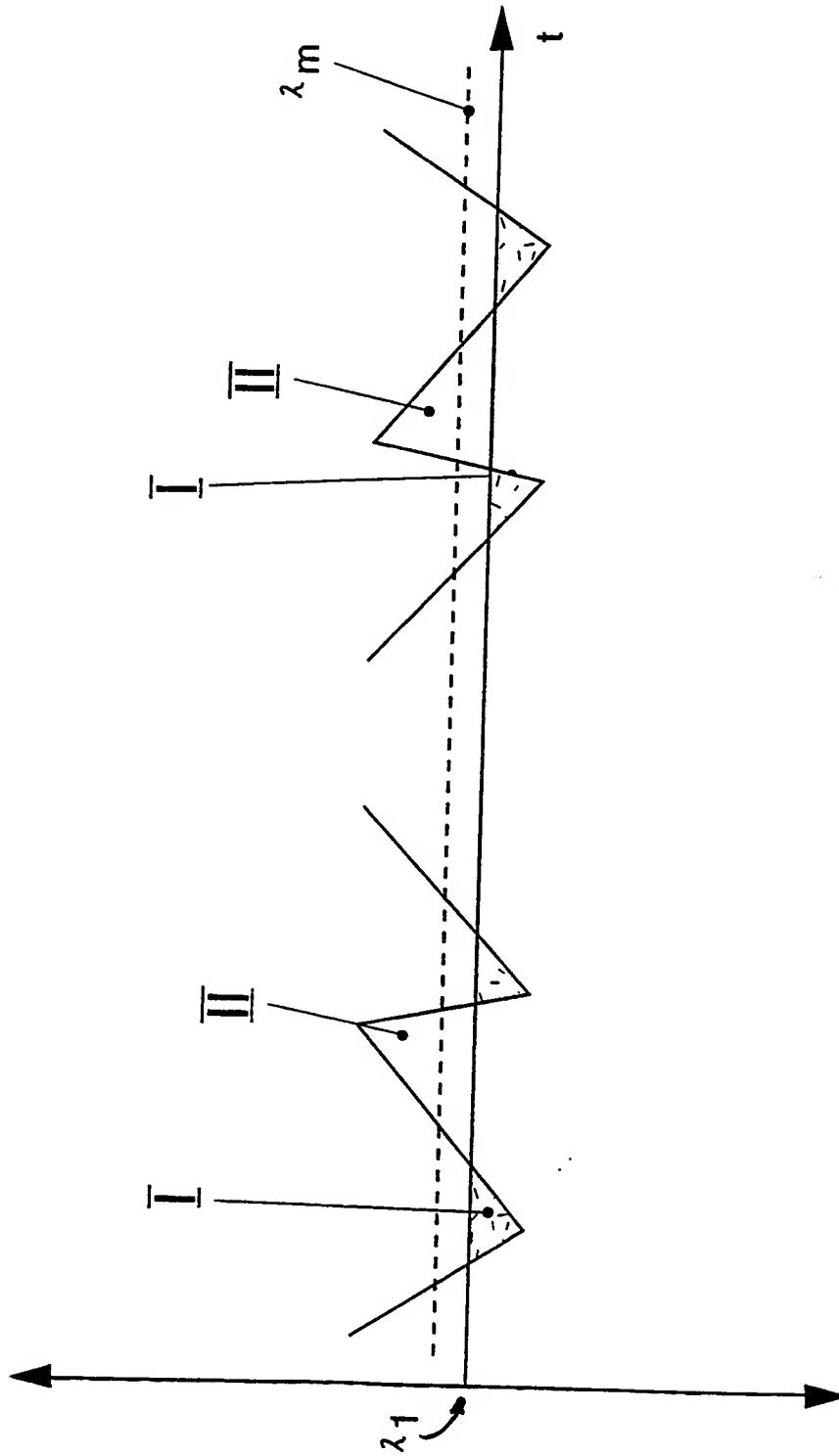


FIG. 8

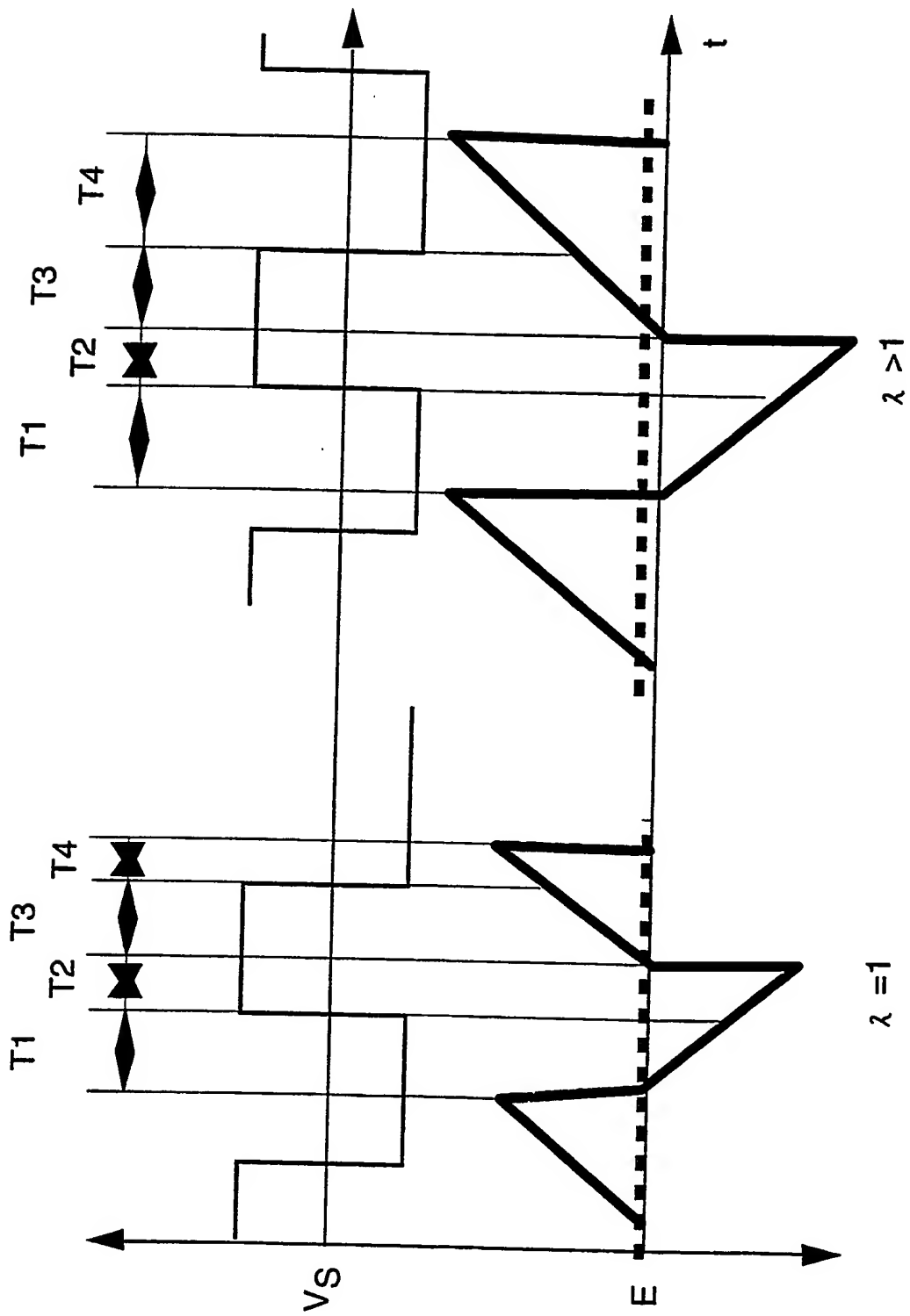


FIG. 9

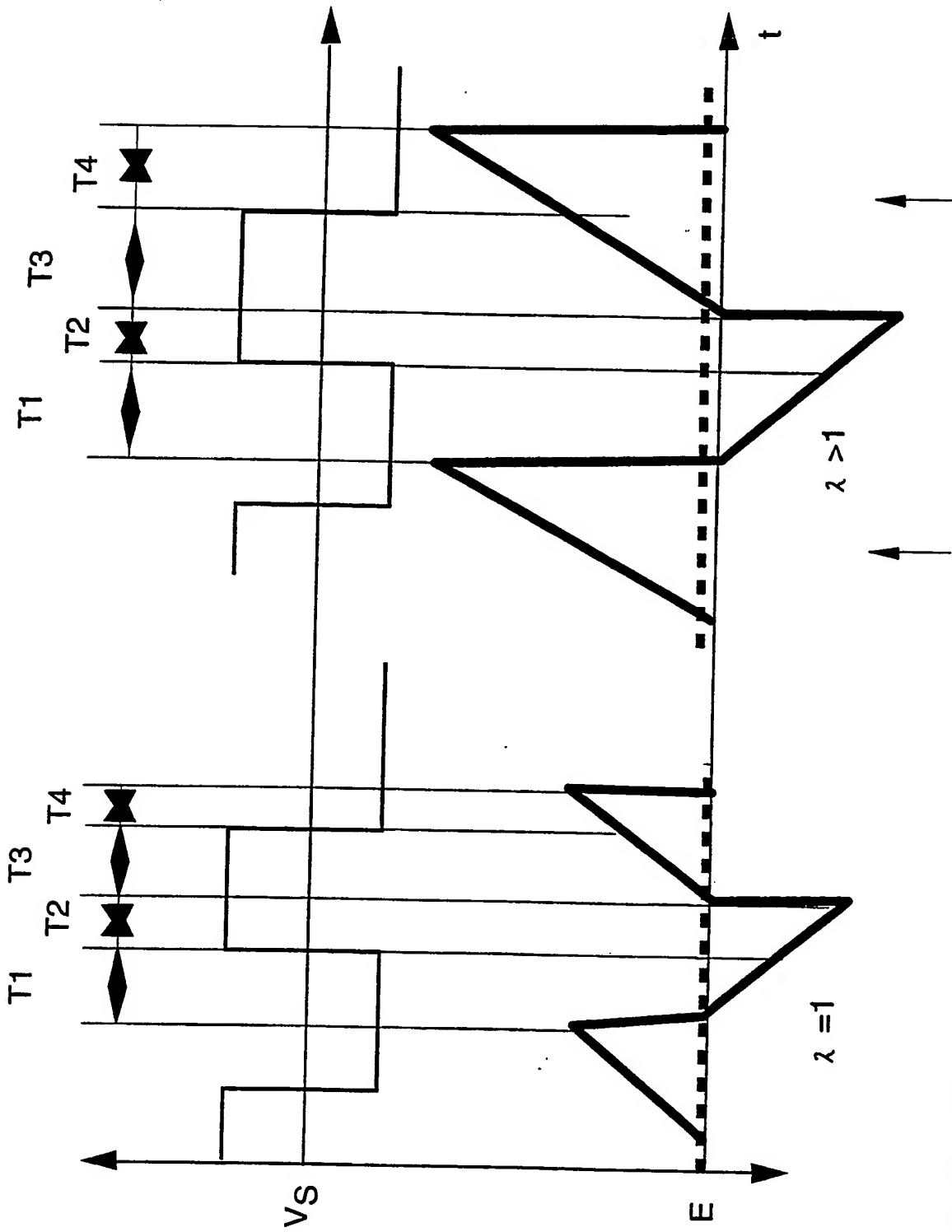


FIG. 10

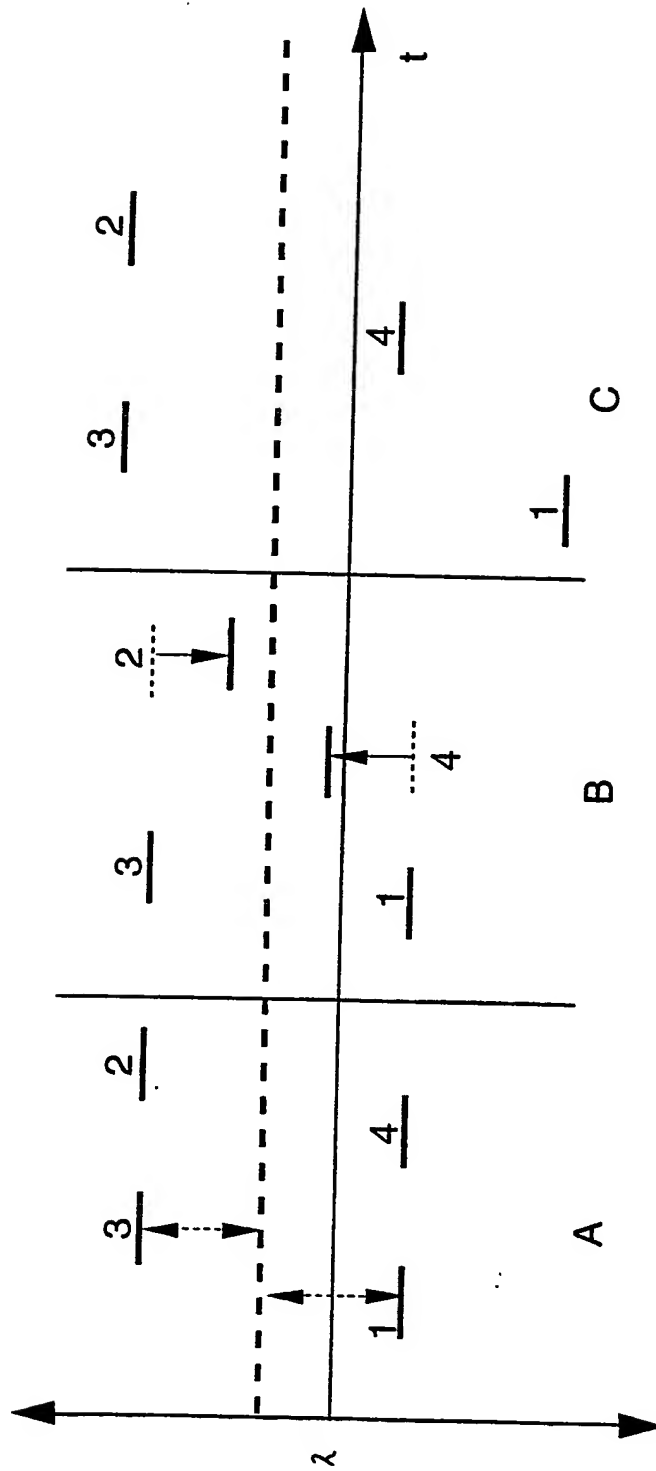


FIG. 11

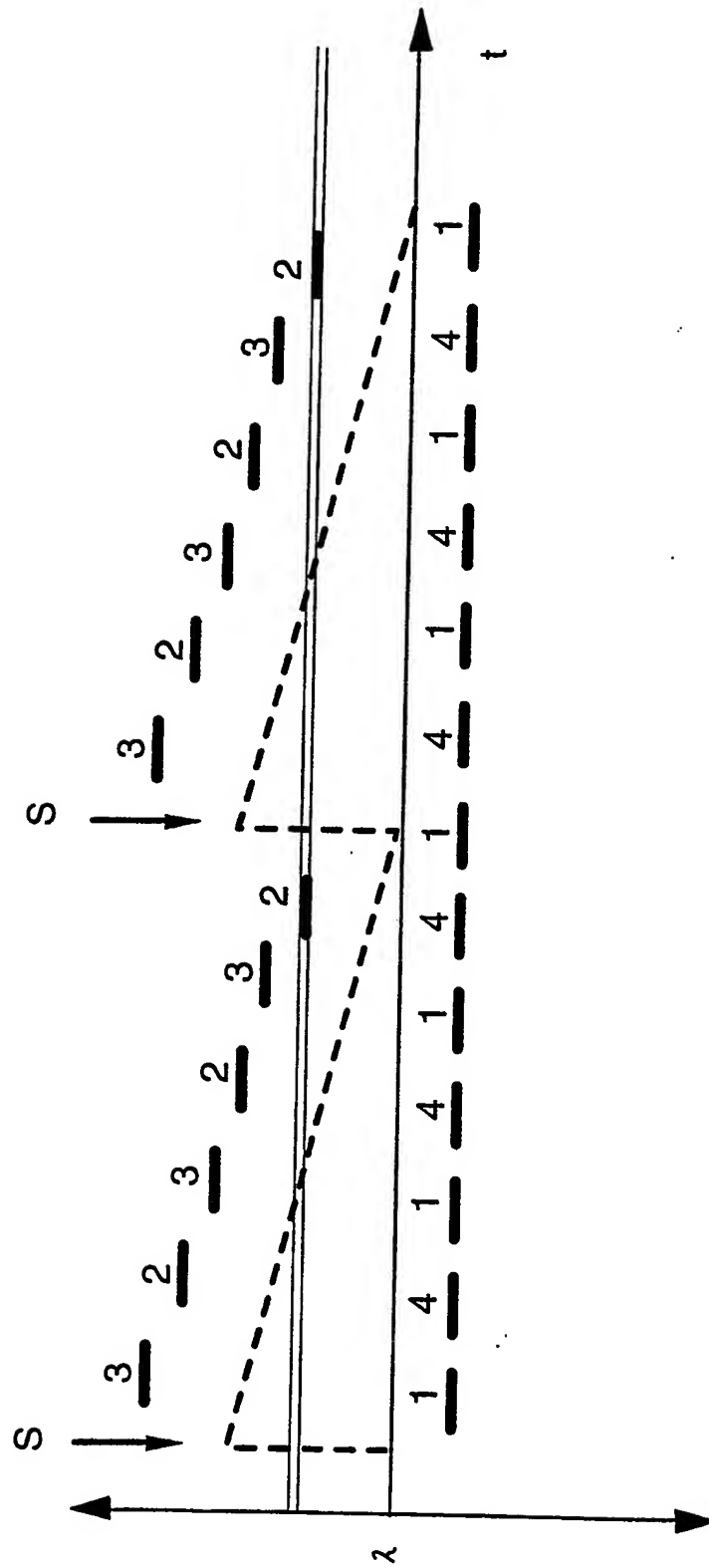


FIG. 12